

Untersuchungen der Kunststoffbearbeitung durch Bohren

Wolfram - Zink

Aus der prothetischen Abteilung (Leiter Prof. Dr. F. Jung)

der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten

(Direktor: Prof. Dr. Dr. Martin Herrmann)

der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

1956

Aus der prothetischen Abteilung (Leiter Prof. Dr. F. Jung)
der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten (Direktor: Prof. Dr. Dr. Martin Herrmann)
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

Untersuchungen der Kunststoffbearbeitung durch Bohren

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde

der Hohen Medizinischen Fakultät

der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

Wolfram Zink

Zahnarzt aus Kirchheimbolanden (Pfalz)



Mainz 1956

atum des Diploms 24.10. 1956

DEKAN

Prof. Dr. H. Kliewe

REFERENT

Prof. Dr. F. Jung

III/1/1 Ki 777/56 150 1565

Im zahnärztlichen Laboratorium werden die Kunststoff-Prothesen im sogenannten Naßverfahren hergestellt, das heißt, ein teigartiges Gemisch aus dem flüssigen Monomer und dem festen Polymer in Pulverform des Methakrylsäuremethylesters wird in eine teilbare Hohlform aus Metall mit einem Gipsfutter eingebracht und in ihr durch Wärmezufuhr polymerisiert.

Die Bearbeitung des fertigen Polymerisates erfordert einen großen Aufwand an Zeit und Arbeit, ehe die Prothese in den Mund des Patienten eingegliedert werden kann. Denn wenn das Werkstück aus der Hohlform herausgenommen wird, ist es mit Gipsresten und Preßfahnen behaftet, die entfernt werden müssen. Die rauhe Oberfläche muß geglättet werden. Die dazu notwendigen Arbeitsgänge sind folgende:

Die größeren Unebenheiten werden durch Schleifen und Fräsen beseitigt, feinere Gestaltungen durch Fräsen oder Bohren herausgearbeitet. Schließlich wird die geglättete Oberfläche poliert.

Nach Weikhardt versteht man: „Unter Schleifen die Bearbeitung eines Werkstoffes mit mineralischen Mitteln (Schleifmittel), durch die infolge ihrer größeren Härte ein Substanzverlust an demselben hervorgerufen wird.“ Fräsen ist: „Die im Winkel zur Bohrachse geleistete spanabhebende Arbeit.“ Bohren ist: „Das Einarbeiten eines kreisrunden zylindrischen Loches in ein Werkstück. Dabei leistet der Bohrer eine spanabhebende Arbeit. Bohren erfolgt daher stets unter Druck, und zwar gilt dies umso mehr, je härter der Werkstoff ist.“

Bohren im eigentlichen Sinne kommt beim Ausarbeiten weniger in Frage. Meist werden dazu Schleifsteine und Fräsen verwendet. Auch sogenannte Bohrer dienen dazu, die quer zur Längsachse wie die Fräsen gebraucht werden. Obwohl also ein Bohren beim Bearbeiten der Prothese kaum notwendig wird, soll es dennoch untersucht werden, weil die Untersuchungsergebnisse des Bohrens ohne weiteres auf die des Fräsens übertragen werden können.

Die mechanischen Eigenschaften der Kunststoffe sind wesentlich verschieden von denen des Schmelzens, Dentins und der Metalle, wie die Untersuchung HONWINKS und TROMMSDORFS ergeben haben (Tabelle 1).

Mechanische Eigenschaften von Kunststoffen (nach R. Honwink)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Phenolformaldehydharz	1,3	1200	450	2300	800	5	6	50
Kasein (Kunstthorn)	1,35	1300	900	1000	1400	30	3	6000
Polystrol (Frolitul)	1,05	1100	400	950	800 —1000	4	3	10
Polymethakrylsäuremethylester (Plexiglas M 222)	1,18	1800	800	600	1400	20	3	125
Hartgummi (Ebonit)	1,15	—	700	750	900	15	3	10
Mischpolymerisate von Vinylchlorid und Akrylsäure- ester (Mipolam M. P. Igelit)	1,34	1000	600	800	1000	100— 400	3— 9	30

Vergleichsstoffe

Guß Eisen	7,2	—	1500	5000	3000	10— 15	200	—
Stahl (Gute Sorte)	7,8	—	125000	—	—	—	200	—
Glas	2,4	—	400	8000	—	—	60	—
Hartporzellan	2,4	—	400	5000	950	2	70	—
Nach Trommsdorf für Paladon	1,18	1800	690	1000	1200	20	—	—

Erläuterungen zu Tabelle 1:

- I Spezifisches Gewicht
- II Kugeldruckhärte
- III Zugfestigkeit
- IV Druckfestigkeit
- V Biegefestigkeit
- VI Schlagbiegefestigkeit
- VII Elastizitätsmodul
- VIII Wasseraufnahme in 7mal 24 Stunden

Aus obiger Tabelle ist ersichtlich, daß die verschiedenen Kunststoffe unter sich z. B. bei spezifischem Gewicht und Elastizitätsmodul nur geringfügige Unterschiede zeigen, hingegen sind bei Druckfestigkeit und Schlagbiegefestigkeit starke Abweichungen aufzuweisen.

Physikalische Eigenschaften von Metall, Schmelz, Dentin und Kunststoff

Werkstoff	Spezifisches Gewicht	Härte	Schmelzpunkt C °	Ausdehnungs- koeffizient
Gold	19,3	21,0	1063	14,4
Palladium	11,9	30,0	1557	—
Platin	21,4	25,0	1764	—
Schmelz	2,8	—	—	—
Dentin	1,18	—	—	—
Kunststoff (Paladon)	1,18	18,0	80—100	81,0

Vorstehende Tabelle zeigt, daß die physikalischen Eigenschaften der Kunststoffe sehr stark z. B. von denen der Metalle, des Schmelzes und des Dentins abweichen.

Zur Untersuchung der Bearbeitung von Schmelz und Dentin wurde in unserer Klinik ein Bohr- und Schleifprüfgerät entwickelt. Es lag nahe, dieses Gerät auch zu Kunststoffuntersuchungen heranzuziehen, einmal um die Eigenschaften verschiedener Kunststoffe und Polymerisationsverfahren auf diesem Wege zu prüfen und hauptsächlich um die günstigsten Voraussetzungen für die mechanische Bearbeitung zu ermitteln.

Bohrversuche

Zu den Versuchen braucht man Kunststoffklötzchen gleicher Größe. Sie müssen zuerst aus Wachs hergestellt werden. Dazu wird eine Metallform, bei der zwei Seitenwände durch Verschraubung leicht abzunehmen sind, mit einem dünnen Oelfilm überzogen und mit Wachs ausgegossen. Nach dem Erhärten wird die Oberfläche geglättet. Die Wachsklötzchen sind nun leicht zu entfernen.

Als Hohlform wurde das von TEERLING in unserer Klinik verwendete, in Abbildung 1 gezeigte Gerät benutzt, ein Metallkästchen durch eine Zwischenwand in zwei Teile geteilt.

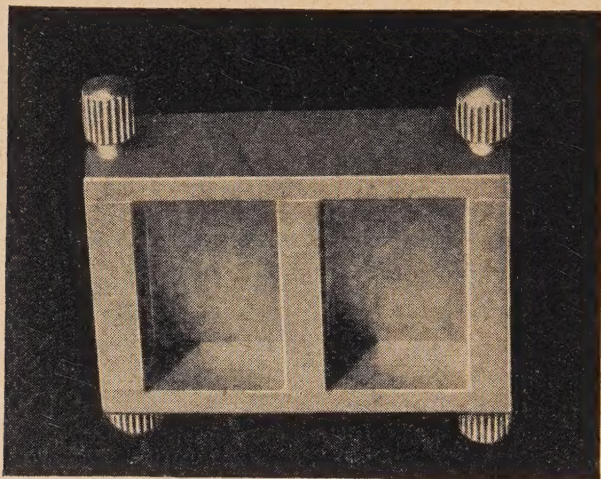


Abbildung 1

Zum nächsten Arbeitsgang braucht man eine Kuvette, eine Hohlform aus Metall, die sich leicht trennen und wieder in die gleiche Lage zurückbringen läßt. Stuck- und Hartgips zu gleichen Teilen werden mit Wasser im Verhältnis 2:1 angerührt, so daß ein Ueberschuß an Wasser vermieden wird.

Je 6 Wachsklötzchen werden nun mit dieser Gipsmischung in die Kuvette eingebettet. Ist der Gips abgebunden, wird die geschlossene Kuvette 5 Minuten in Wasser von 90 ° C. gestellt und dann geöffnet. Das Wachs wird nun mit heißem Wasser ausgebrüht.

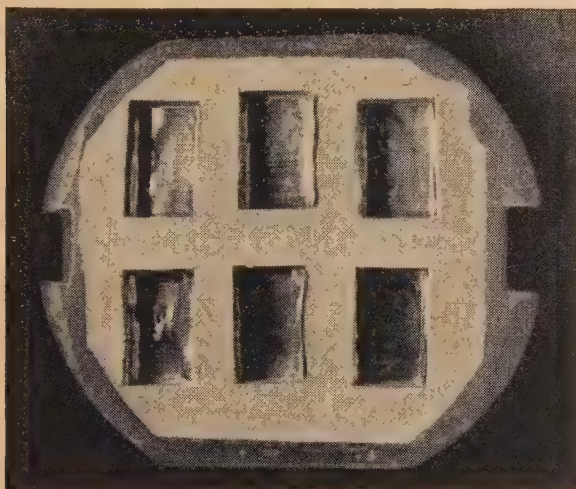


Abbildung 2

Die dadurch entstandenen Hohlräume werden zur Isolation mit Zinnfolie ausgelegt (s. Abbildung 2).

Kunststoff wird vorschriftsmäßig angeteigt und nach einer Anquellzeit von 10 Minuten in die Hohlräume gestopft. Ein Zellophanblatt wird zum Vorpressen zwischen die Kuvettenhälften gelegt und vor dem endgültigen Schließen wieder entfernt. Nach dem Pressen wird die Kuvette in einen Metallbügel eingespannt.

Die Polymerisation wurde nach verschiedenen Methoden durchgeführt:

1. Nach der Schnellpolymerisation

- a) Die Kuvette wird in kochendes Wasserbad gelegt; die Kochzeit beträgt 30 Minuten.
- b) Die Kuvette wird in kaltes Wasser, das innerhalb 30 Minuten zum Kochen gebracht wird, gelegt. Die Kochzeit ist 30 Minuten einzuhalten.

2. Normale Polymerisation

- a) Die Küvette wird im kalten Wasserbad aufgesetzt, langsam auf 65°C . erwärmt und diese Temperatur 35 Minuten lang gehalten. Nun wird das Wasser langsam bis 100°C . (kochen) erhitzt. Die Kochzeit beträgt 30 Minuten.
- b) Nach der Langzeit-Tieftemperaturmethode wird das kalte Wasserbad mit der Küvette langsam auf 60°C . erwärmt, diese Temperatur 10 Stunden lang beibehalten, dann langsam auf 100°C . (kochen) weiter erhitzt und eine Kochzeit von 30 Minuten eingehalten.

Von den im Handel erhältlichen zahnärztlichen Kunststoffen wurden Paladon, Optodont und Stellan verwendet.

Die so hergestellten Prüfkörper wurden dann im Bohrprüfgerät untersucht.

Das Bohrgerät

Das Bohrgerät setzt sich in seinen Hauptbestandteilen aus einem beweglichen Bohrtisch, einer feststehenden, vertikal gelagerten Spindel zur Aufnahme des Bohrers und aus einem Elektromotor als Antriebskraft zusammen.

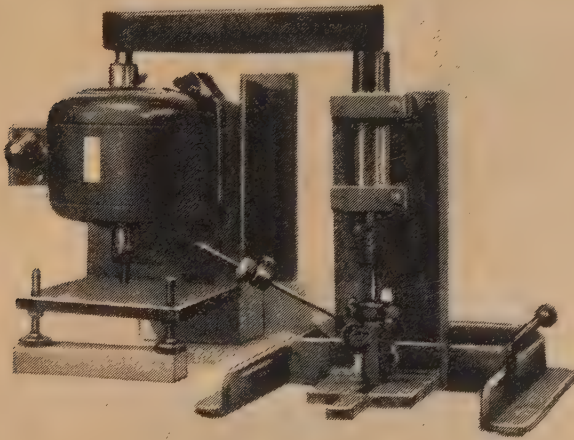


Abbildung 3

Um nach Möglichkeit Fehlerquellen, besonders für die Uebertragung des Bohrdruckes, auszuschalten, ließ ich mir einen Bohrtisch für das Bohrgerät anfertigen. Die Wippe (ein zweiarmiger Hebel) zur Kraftübertragung des Bohrdruckes, die zudem noch mit der Hand gehalten werden mußte, wurde durch einen Hebel ersetzt, der an einem Zahnrad befestigt ist. die Kraft (= Bohrdruck) wird vom Hebel über das Zahnrad auf eine Zahnstange, auf der der Bohrtisch gelagert ist, übertragen (s. Abbildung 4).

An diesem Hebel ist ein verschiebbares Gewicht, mit einer Feststellschraube versehen, zur Regulierung des Druckes angebracht. Um den Bohrtisch in jeder beliebigen Höhe fixieren zu können, befindet sich am Zahnrad ein federnd gelagerter Raster, der seinerseits durch Herumlegen eines kleinen Hebels ebenfalls festgestellt werden kann. Die zu unter-

suchenden Werkstoffklötzchen werden mit 4 Schrauben auf dem Bohrtisch festgehalten.

Die Spindel, in welche die Bohrer eingespannt werden, kann zur Veränderung der Umdrehungszahl verschiedene Aufsätze tragen. Sie ist durch eine Antriebsschnur mit dem Motor verbunden.

Der Motor hat eine Zweistufenschaltung und außerdem können zur Veränderung der Umdrehungszahl die Aufsätze ausgewechselt werden.

Durchführung der Bohrversuche

Zuerst wird das zu prüfende Kunststoffklötzchen mit einer Toleranz von höchstens 0,2 mg gewogen, was immerhin etwa 3—5 Minuten Zeit erfordert. Danach kann der eigentliche Bohrversuch durchgeführt werden. Das Prüfstück wird mit Schrauben auf dem Bohrtisch fixiert und zwar so, daß es gerade vom Bohrer berührt wird, wenn der Hebel waagrecht steht (Abbildung 4).

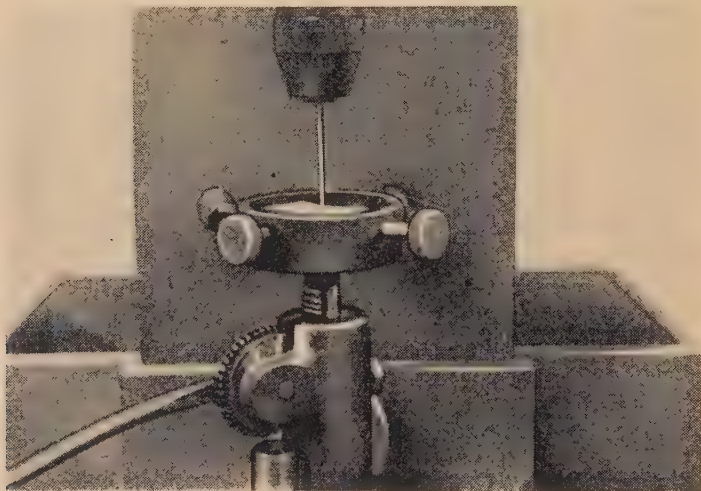


Abbildung 4

Das verschiebbare Gewicht an diesem Hebel wurde vorher geeicht und festgeschraubt. Durch Anheben des Hebelarmes senkt sich der Bohrtisch, so daß das Klötzchen vom Bohrer nicht mehr berührt wird. In dieser Lage wird der Bohrtisch durch den Raster festgestellt (Abbildung 5). Der Antriebsmotor des Gerätes wird eingeschaltet, entweder auf Stufe 1 oder Stufe II, je nach der erforderlichen Umdrehungszahl.

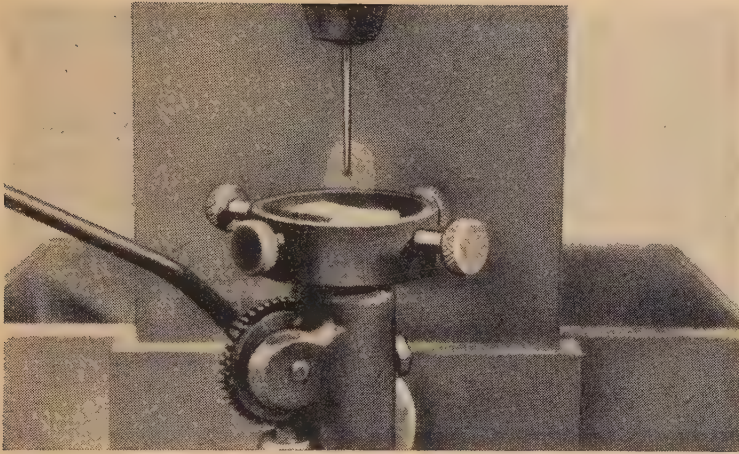


Abbildung 5

Der Bohrtisch erhält durch das Herumlegen des Rasters seine Bewegungsfreiheit. Gleichzeitig mit dem Aufsetzen des Bohrers auf das Werkstück wird die bereitliegende Stoppuhr abgedrückt. Nach Ablauf der Bohrzeit wird der Hebelarm angehoben, der Bohrtisch senkt sich und wird wieder mit dem Raster festgestellt. Anschließend wird der Prüfling gewogen und die Bohrausbeute (= Gewichts Differenz) in eine Tabelle eingetragen. Damit ist der Versuch beendet.

Experimentelle Untersuchungen

Vorversuche

Zur Ermittlung der richtigen Bohrergröße, des Druckes, der Zeit und der Rotation waren eine Reihe Vorversuche notwendig. Dabei zeigte sich, daß die Bohrergröße 7 die günstigste Bohrausbeute hatte. Kleine Bohrer sind deshalb ungünstiger, da sie zu schnell in das Material eindringen, der Bohrkanal wird verstopft, die Späne können nicht entweichen, es kommt zum Verschmieren des Bohrers.

Experimente mit stärkeren Bohrergrößen verliefen ebenfalls ungünstig, da, um eine optimale Bohrausbeute zu erreichen, ein hoher Bohrdruck angewandt werden muß. Dabei kommt es auch zum Verschmieren des Bohrers, er wird sehr rasch unbrauchbar.

Als günstigster Bohrdruck wurden 400 g ermittelt. Bei kleinerem Druck blieb die Bohrausbeute zu klein, bei höherem Druck wurde das Material plastisch.

Die Bohrzeit von 15 Sekunden wurde deshalb gewählt, weil bei längerer Zeit die Stärke des Materials und Bohrerlänge nicht ausreichten. Die Rotation mit 5500 Umdrehungen pro Minute entspricht der Höchst-tourenzahl, die das Material zuläßt, ohne plastisch zu werden.

Als günstigste Bedingung für die Bohrungen wurden also

1. Bohrergröße 7
2. Bohrdruck 400 g
3. Bohrzeit 15 Sek.
4. Rotation 5500/min.

ermittelt.

Als Material für die Versuche wurde Paladon nach der Polymerisationsmethode 1a verwendet.

Uebersicht zu den Vorversuchen

Bohrer- größe	Druck	Rotation	Zeit	Ausbeute (g)	
3	400 g	5500	15	0,0050—0,0090	Bohrer verschmiert
6	400 g	5500	15	0,0070—0,0105	
7	400 g	2750	15	0,0095—0,0125	Bohrer verschmiert
7	600 g	5500	15	—	
7	400 g	5500	15	0,0100—0,0130	Material plastisch
7	200 g	5500	15	0,0065—0,0080	
8	600 g	5500	15	—	Material plastisch
8	400 g	5500	15	0,0120—0,0140	
8	200 g	5500	15	0,0070—0,0090	

Hauptversuche

Unter den oben angegebenen Bedingungen wurden die Experimente bei

1. Paladon (Fa. Kulzer & Co.)
2. Optodont (Fa. Bayer)
3. Stellon (Fa. de Trey)

durchgeführt. Für je 12 Bohrungen wurde ein Bohrer benutzt, das entspricht einer Gesamtbohrzeit von 3 Minuten. Aus je 60 Versuchen wurde der Mittelwert für die Bohrausbeute errechnet. Die Abnutzung des Bohrers ist so gering, daß sie bei dieser Bohrzeit und dem Material vernachlässigt werden kann.

Beschreibung der Versuchsreihen

1. Versuchsreihe (Tabelle 1 und 2)

Für diese Reihe wurden Kunststoffklötzchen aus Paladon nach der Polymerisationsmethode Ia (in kochendes Wasser legen, halbe Stunde Kochzeit) verwendet. Als Mittelwert der Bohrausbeute dieser Bohrserie ergaben sich 12,0 mg. Die Ausbeute der einzelnen Bohrungen schwankte trotz gleicher Bedingungen stark, die Schwankungen hielten sich aber innerhalb der Grenze von 3,6 mg. Der Bohrer verschmierte nicht, dies läßt darauf schließen, daß der Kunststoff beim Bohren nicht plastisch wurde.

Diese Versuche haben gezeigt, daß Paladon, nach der Polymerisationsmethode Ia polymerisiert, nicht homogen sein kann, sonst dürften die Werte der einzelnen Bohrungen nicht so unterschiedlich sein. Die Härte dieses Kunststoffes ist an verschiedenen Punkten des Klötzchens verschieden, folglich kann auch die Struktur des Werkstoffes nicht gleichmäßig sein, in dem sich Lunker gebildet haben.

Tabelle 1 Paladon (Polymerisationsmethode 1a)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,4184 g	7	400 g	5500	15	0,0134 g
2	3,4050 g	7	400 g	5500	15	0,0138 g
3	3,3912 g	7	400 g	5500	15	0,0148 g
4	3,3764 g	7	400 g	5500	15	0,0132 g
5	3,3632 g	7	400 g	5500	15	0,0118 g
6	3,3514 g	7	400 g	5500	15	0,0138 g
7	3,3376 g	7	400 g	5500	15	0,0124 g
8	3,3252 g	7	400 g	5500	15	0,0128 g
9	3,3124 g	7	400 g	5500	15	0,0112 g
	3,6438 g					
10	3,6326 g	7	400 g	5500	15	0,0118 g
11	3,6208 g	7	400 g	5500	15	0,0124 g
12	3,6084 g	7	400 g	5500	15	0,0114 g
	3,5970 g					

Tabelle 2

1	3,8024 g	7	400 g	5500	15	0,0096 g
2	3,7928 g	7	400 g	5500	15	0,0102 g
3	3,7826 g	7	400 g	5500	15	0,0118 g
4	3,7708 g	7	400 g	5500	15	0,0110 g
5	3,7598 g	7	400 g	5500	15	0,0106 g
6	3,7492 g	7	400 g	5500	15	0,0112 g
7	3,7380 g	7	400 g	5500	15	0,0106 g
8	3,7274 g	7	400 g	5500	15	0,0108 g
9	3,7166 g	7	400 g	5500	15	0,0114 g
10	3,7052 g	7	400 g	5500	15	0,0122 g
11	3,6930 g	7	400 g	5500	15	0,0118 g
12	3,6812 g	7	400 g	5500	15	0,0104 g
	3,6708 g					

2. Versuchsreihe (Tabelle 3 und 4)

Hier wurden die Werkstoffproben nach der Polymerisationsmethode 1b hergestellt. Der Mittelwert der Bohrausbeute ist mit 13,0 mg etwas höher, folglich ist der Kunststoff etwas weicher als bei der ersten Versuchsreihe, dafür aber auch etwas homogener. Die Schwankungen der Ausbeute sind geringer als bei Serie 1, sie überschreiten nicht 3,0 mg. Der Bohrer verschmiert nicht. Lunker treten seltener auf. Diese beiden ersten Versuchsreihen zeigen schon, daß die Polymerisationsart einen wesentlichen Einfluß auf die Bohrausbeute hat. Einmal macht sich der Widerstand des Materials bemerkbar, der sich in seiner Härte zeigt, dann auch die Beschaffenheit seiner Struktur.

Tabelle 3 Paladon (Polymerisationsmethode 1b)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,8388 g	7	400 g	5500	15	0,0142 g
2	3,8246 g	7	400 g	5500	15	0,0138 g
3	3,8108 g	7	400 g	5500	15	0,0124 g
4	3,7984 g	7	400 g	5500	15	0,0128 g
5	3,7856 g	7	400 g	5500	15	0,0140 g
6	3,7716 g	7	400 g	5500	15	0,0144 g
7	3,7572 g	7	400 g	5500	15	0,0126 g
8	3,7446 g	7	400 g	5500	15	0,0142 g
9	3,7304 g	7	400 g	5500	15	0,0142 g
10	3,7162 g	7	400 g	5500	15	0,0120 g
11	3,7042 g	7	400 g	5500	15	0,0142 g
12	3,6900 g	7	400 g	5500	15	0,0144 g
	3,6756 g					

Tabelle 4

1	3,6378 g	7	400 g	5500	15	0,0134 g
2	3,6244 g	7	400 g	5500	15	0,0126 g
3	3,6118 g	7	400 g	5500	15	0,0148 g
4	3,5970 g	7	400 g	5500	15	0,0120 g
5	3,5850 g	7	400 g	5500	15	0,0120 g
6	3,5730 g	7	400 g	5500	15	0,0122 g
7	3,5608 g	7	400 g	5500	15	0,0126 g
8	3,5482 g	7	400 g	5500	15	0,0122 g
9	3,5360 g	7	400 g	5500	15	0,0122 g
10	3,5238 g	7	400 g	5500	15	0,0128 g
11	3,5110 g	7	400 g	5500	15	0,0118 g
12	3,4992 g	7	400 g	5500	15	0,0144 g
	3,4848 g					

3. Versuchsreihe (Tabelle 5 und 6)

Die Paladonklötzchen wurden nach der Kulzer-Vorschrift (2a) polymerisiert. Der Mittelwert für die Bohrausbeute beträgt 10,3 mg. Hier ist die ϕ -Schwankung der Ausbeute auf 1,5 mg gemindert. Bei dieser Polymerisationsmethode setzt das Material dem Bohrer größeren Widerstand entgegen und läßt deshalb eine kleinere Bohrausbeute als bei der Polymerisationsmethode 1a zu.

Da dieses Material homogener ist, wurde auch die Schwankung der Ausbeute geringer. Die Bohrer verschmierten nicht. Lunker sind sehr selten.

Tabelle 5 Paladon (Polymerisationsmethode 2a)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,7166 g	7	400 g	5500	15	0,0132 g*
2	3,7034 g	7	400 g	5500	15	0,0140 g*
3	3,6894 g	7	400 g	5500	15	0,0104 g
4	3,6790 g	7	400 g	5500	15	0,0102 g
5	3,6688 g	7	400 g	5500	15	0,0100 g
6	3,6588 g	7	400 g	5500	15	0,0110 g
7	3,6478 g	7	400 g	5500	15	0,0106 g
8	3,6372 g	7	400 g	5500	15	0,0118 g
9	3,6254 g	7	400 g	5500	15	0,0114 g
10	3,6140 g	7	400 g	5500	15	0,0124 g
11	3,6016 g	7	400 g	5500	15	0,0122 g
12	3,5894 g	7	400 g	5500	15	0,0108 g
	3,5786 g					

* = Lunker

Tabelle 6

1	3,8450 g	7	400 g	5500	15	0,0090 g
2	3,8260 g	7	400 g	5500	15	0,0096 g
3	3,8164 g	7	400 g	5500	15	0,0092 g
4	3,8072 g	7	400 g	5500	15	0,0102 g
5	3,7970 g	7	400 g	5500	15	0,0102 g
6	3,7868 g	7	400 g	5500	15	0,0100 g
7	3,7768 g	7	400 g	5500	15	0,0106 g
8	3,7662 g	7	400 g	5500	15	0,0100 g
9	3,7562 g	7	400 g	5500	15	0,0100 g
10	3,7462 g	7	400 g	5500	15	0,0102 g
11	3,7360 g	7	400 g	5500	15	0,0100 g
12	3,7260 g	7	400 g	5500	15	0,0094 g
	3,7166 g					

4. Versuchsreihe (Tabelle (7 und 8)

Bei dieser Versuchsreihe wurden Paladonklötzchen, die nach der Polymerisationsmethode 2b hergestellt wurden, benutzt. Die Bohrausbeute hat hier einen Mittelwert von 10,4 mg, ist also etwas günstiger als bei der vorhergehenden Reihe. Die Schwankungen der Ausbeute sind sehr gering, sie überschreiten nicht 1,2 mg. Bemerkenswert sind die sehr geringen Unterschiede der Bohrausbeute bei diesem Material, wie ja die Schwankungen zeigen. Durch die lange Polymerisationszeit ist das Material homogener geworden als bei den anderen Polymerisationsmethoden. Die Bohrer verschmierten nicht, es war keine Lunkerbildung festzustellen.

Tabelle 7 Paladon (Polymerisationsmethode 2b)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,8678 g	7	400 g	5500	15	0,0110 g
2	3,8568 g	7	400 g	5500	15	0,0106 g
3	3,8462 g	7	400 g	5500	15	0,0100 g
4	3,8362 g	7	400 g	5500	15	0,0110 g
5	3,8252 g	7	400 g	5500	15	0,0110 g
6	3,8142 g	7	400 g	5500	15	0,0108 g
7	3,8034 g	7	400 g	5500	15	0,0108 g
8	3,7926 g	7	400 g	5500	15	0,0108 g
9	3,7818 g	7	400 g	5500	15	0,0108 g
10	3,7710 g	7	400 g	5500	15	0,0110 g
11	3,7600 g	7	400 g	5500	15	0,0108 g
12	3,7492 g	7	400 g	5500	15	0,0110 g
	3,7382 g					

Tabelle 8

1	3,8750 g	7	400 g	5500	15	0,0100 g
2	3,8650 g	7	400 g	5500	15	0,0096 g
3	3,8554 g	7	400 g	5500	15	0,0090 g
4	3,8464 g	7	400 g	5500	15	0,0090 g
5	3,8374 g	7	400 g	5500	15	0,0090 g
6	3,8284 g	7	400 g	5500	15	0,0094 g
7	3,8190 g	7	400 g	5500	15	0,0098 g
8	3,8092 g	7	400 g	5500	15	0,0094 g
9	3,7998 g	7	400 g	5500	15	0,0096 g
10	3,7902 g	7	400 g	5500	15	0,0102 l
11	3,7800 g	7	400 g	5500	15	0,0100 g
12	3,7700 g	7	400 g	5500	15	0,0090 g
	3,7610 g					

5. Versuchsreihe (Tabelle 9)

Für die Temperaturmessungen wurde an dem Bohrerkopf eines Rosenbohrers ein Thermoelement angebracht. Die elektrischen Ströme, welche beim Verändern der Temperatur an der Lötstelle des Thermoelementes entstehen, wurden auf ein Spiegelgalvanometer übergeleitet. Von einer Lichtquelle, die parallele Lichtstrahlen aussendet, wurden die Strahlen durch den Spiegel des Galvanometers auf eine Skala mit Millimereinteilung reflektiert. So konnten bei jeder Bohrung genau die Ausschläge des Galvanometers an dieser Skala abgelesen werden. Nachdem das Thermoelement geeicht wurde, konnten die Skalenwerte in Grad Celsius umgerechnet werden. Die gemessenen Temperaturen sind dieselben, welche am Bohrer selbst auftreten.

Die Kunststoffklötzchen aus Paladon wurden nach vier Polymerisationsarten (s. Tabelle 9) hergestellt. Die Temperaturen sind am Bohrer selbst gemessen worden. Wesentliche Unterschiede sind nicht zu verzeichnen. Bemerkenswert ist die konstante Temperatur von 145 °C. bei der Langzeit-Tieftemperaturmethode. Bei Versuchen mit höherem Bohrdruck als 400 g oder größerer Umdrehungszahl konnte die Temperatur nicht gemessen werden, da die Lötstelle durch die zähe Konsistenz der plastischen Kunststoffmasse abgerissen wurde. Demnach scheinen die erhaltenen Werte in Tabelle 9 die Stelle anzugeben, bei der der Kunststoff vom festen in den plastischen Zustand übergeht.

Tabelle 9 Temperaturmessungen beim Bohren in Paladon

Polymerisations- methode	Skalenwerte in mm					Temperatur in ° C.
	1.	2.	3.	4.	5.	
Polymerisationsmethode 1a	30	30,5	29			140 °
Polymerisationsmethode 1b	31	33	32	32	32	152 °
Polymerisationsmethode 2a	30	32	29	31	31,5	147 °
Polymerisationsmethode 2b	31	31,5	31,5			145 °

Die Temperaturmessungen wurden unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

Bohrdruck	400 g
Rotation	5500/min.
Zeit	15 sek.

6. Versuchsreihe (Tabelle 10)

Paladonklötzchen, nach Kulzer-Vorschrift polymerisiert, wurden mit Bohrer Größe 7 angebohrt. Die Umdrehungszahl von 5500/min. wurde auf die Hälfte, auf 2750/min. reduziert. Die Bohrausbeute mit 10,4 mg unterscheidet sich kaum von der Ausbeute bei voller Tourenzahl (10,3), die beiden Werte sind fast gleich. Ebenso verhält sich auch der Wert der Schwankungen, 1,6 mg, zu dem Wert bei 5500 Umdrehungen/min. (1,5 mg). Das Versuchsmaterial ist das gleiche wie bei Versuchsreihe 3. Die Veränderung der Umdrehungszahl macht sich kaum bemerkbar.

Tabelle 10 Paladon (Polymerisationsmethode 2a)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,6266 g	7	400 g	2750	15	0,0116 g
2	3,6150 g	7	400 g	2750	15	0,0102 g
3	3,6048 g	7	400 g	2750	15	0,0102 g
4	3,5946 g	7	400 g	2750	15	0,0100 g
5	3,5846 g	7	400 g	2750	15	0,0102 g
6	3,5744 g	7	400 g	2750	15	0,0104 g
7	3,5640 g	7	400 g	2750	15	0,0104 g
8	3,5536 g	7	400 g	2750	15	0,0102 g
9	3,5434 g	7	400 g	2750	15	0,0102 g
10	3,5332 g	7	400 g	2750	15	0,0104 g
	3,5228 g					

7. Versuchsreihe (Tabelle 11)

Kunststoffklötzchen aus Paladon, nach der Kulzer-Vorschrift hergestellt, wurden mit Bohrer Größe 7, mit halbem Bohrdruck (200 g) und halber Rotation (2750/min.) angebohrt. Als Mittelwert für die Bohrausbeute ergaben sich 7,0 mg. Dieser Wert ist wesentlich kleiner (um 3,3 mg) als bei Versuchsreihe 3 (10,3 mg). Die Schwankung der Ausbeute ist mit 1,2 mg sehr gering und als sehr gutes Ergebnis zu bezeichnen. Die Veränderungen des Bohrdruckes wirken sich also sehr stark auf die Ausbeute des Bohrers aus, während sich die Veränderungen der Umdrehungszahl nur sehr wenig bemerkbar machen.

Tabelle 11 Paladon (Polymerisationsmethode 2a)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,9748 g	7	200 g	2750	15	0,0078 g
2	3,9670 g	7	200 g	2750	15	0,0070 g
3	3,9600 g	7	200 g	2750	15	0,0070 g
4	3,9530 g	7	200 g	2750	15	0,0070 g
5	3,9460 g	7	200 g	2750	15	0,0066 g
6	3,9394 g	7	200 g	2750	15	0,0070 g
7	3,9324 g	7	200 g	2750	15	0,0068 g
8	3,9256 g	7	200 g	2750	15	0,0068 g
9	3,9188 g	7	200 g	2750	15	0,0072 g
10	3,9116 g	7	200 g	2750	15	0,0072 g
	3,9044 g					

8. Versuchsreihe (Tabelle 12)

Unter sonst gleichen Bedingungen wie bei den anderen Versuchsreihen wurden hier die Paladonklötzchen nach der Polymerisationsmethode 1a mit Bohrer Größe 3 untersucht. Als Mittelwert der Bohrausbeute stellten sich 6,9 mg heraus. Die Schwankung der Werte ist mit 2,8 mg als sehr stark zu bezeichnen. Bei dieser Bohrergröße wird das Material plastisch. Bei jeder Bohrung bleibt ein Rest des Materials an der Bohrerspitze zurück.

Tabelle 12 Paladon (Polymerisationsmethode 1a)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,3052 g	3	400 g	5500	15	0,0062 g
2	3,2990 g	3	400 g	5500	15	0,0062 g
3	3,2928 g	3	400 g	5500	15	0,0064 g
4	3,2864 g	3	400 g	5500	15	0,0058 g
5	3,2806 g	3	400 g	5500	15	0,0074 g
6	3,2732 g	3	400 g	5500	15	0,0084 g
7	3,2648 g	3	400 g	5500	15	0,0064 g
8	3,2584 g	3	400 g	5500	15	0,0058 g
9	3,2526 g	3	400 g	5500	15	0,0064 g
10	3,2462 g	3	400 g	5500	15	0,0086 g
	3,2376 g					

9. Versuchsreihe (Tabelle 13)

Bei der Polymerisationsmethode 1b (mit Bohrer Größe 3) beträgt der Mittelwert für die Bohrausbeute 6,3 mg. Die Schwankung dieser Werte erreicht als Höchstwert 1,2 mg. Das Material wurde nicht plastisch.

Tabelle 13 Paladon (Polymerisationsmethode 1b)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,6280 g	3	400 g	5500	15	0,0056 g
2	3,6224 g	3	400 g	5500	15	0,0066 g
3	3,6158 g	3	400 g	5500	15	0,0062 g
4	3,6096 g	3	400 g	5500	15	0,0064 g
5	3,6032 g	3	400 g	5500	15	0,0058 g
6	3,5974 g	3	400 g	5500	15	0,0064 g
7	3,5910 g	3	400 g	5500	15	0,0064 g
8	3,5846 g	3	400 g	5500	15	0,0064 g
9	3,5782 g	3	400 g	5500	15	0,0100 g*
10	3,5682 g	3	400 g	5500	15	0,0068 g
11	3,5614 g	3	400 g	5500	15	0,0064 g
	3,5550 g	* = Lunker				

10. Versuchsreihe (Tabelle 14)

Für diese Versuchsreihe wurden Paladonklötzchen, die nach der Kulzer-Vorschrift (Polymerisationsmethode 2a) polymerisiert wurden, benutzt. Der Mittelwert für die Bohrausbeute beträgt hier 7,0 mg. Höchstens 1,2 mg war die Schwankung der Ausbeute. Der Kunststoff wurde plastisch, die Bohrer verschmierten und wurden unbrauchbar.

Tabelle 14 Paladon (Polymerisationsmethode 2a)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,7606 g	3	400 g	5500	15	0,0068 g
2	3,7538 g	3	400 g	5500	15	0,0068 g
3	3,7470 g	3	400 g	5500	15	0,0068 g
4	3,7402 g	3	400 g	5500	15	0,0072 g
5	3,7330 g	3	400 g	5500	15	0,0060 g
6	3,7270 g	3	400 g	5500	15	0,0058 g
7	3,7212 g	3	400 g	5500	15	0,0098 g
	3,7114 g	* Bohrer verschmiert und unbrauchbar				

11. Versuchsreihe (Tabelle 15)

Bei dieser Reihe wurden Versuchsklötzchen mit Bohrer Größe 3 untersucht, die nach der Polymerisationsmethode 2b hergestellt wurden. Hierbei ist der Mittelwert der Bohrausbeute 6,5 mg, bei einer Schwankung der Ausbeute von höchstens 2,6 mg. Dieser hohe Wert der Schwankung erklärt sich daraus, daß auch hier das Material beim Bohren plastisch wurde und deshalb die Messungen nicht mehr genau durchgeführt werden konnten.

Tabelle 15 Paladon (Polymerisationsmethode 2b)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	4,1104 g	3	400 g	5500	15	0,0044 g
2	4,1060 g	3	400 g	5500	15	0,0060 g
3	4,1000 g	3	400 g	5500	15	0,0068 g
4	4,0932 g	3	400 g	5500	15	0,0070 g
5	4,0862 g	3	400 g	5500	15	0,0062 g
6	4,0800 g	3	400 g	5500	15	0,0058 g
7	4,0742 g	3	400 g	5500	15	0,0062 g
8	4,0680 g	3	400 g	5500	15	0,0064 g
9	4,0616 g	3	400 g	5500	15	0,0066 g
10	4,0550 g	3	400 g	5500	15	0,0066 g
	4,0484 g					

12. Versuchsreihe (Tabelle 16)

Paladon nach der Polymerisationsmethode 1a polymerisiert, wurde mit Bohrer Größe 6 untersucht. Als Mittelwert für die Bohrausbeute ergaben sich 9,2 mg. 2,6 mg beträgt die Schwankung der Ausbeute und ist damit sehr stark. Das Material wurde nicht plastisch.

Tabelle 16 Paladon (Polymerisationsmethode 1a)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,6296 g	6	400 g	5500	15	0,0086 g
2	3,6210 g	6	400 g	5500	15	0,0078 g
3	3,6132 g	6	400 g	5500	15	0,0092 g
4	3,6040 g	6	400 g	5500	15	0,0098 g
5	3,5942 g	6	400 g	5500	15	0,0098 g
6	3,5854 g	6	400 g	5500	15	0,0090 g
7	3,5764 g	6	400 g	5500	15	0,0096 g
8	3,5668 g	6	400 g	5500	15	0,0088 g
9	3,5580 g	6	400 g	5500	15	0,0096 g
10	3,5484 g	6	400 g	5500	15	0,0104 g
	3,5380 g					

13. Versuchsreihe (Tabelle 17)

Die Klötzchen aus Paladon wurden nach der Polymerisationsmethode 1b hergestellt. Der Mittelwert für die Bohrausbeute beträgt 8,9 mg bei einer Schwankung von 1,4 mg. Hier ist die Ausbeute zwar geringer als bei der vorhergehenden Reihe, aber dafür konstanter. Die Bohrer verschmier-ten nicht.

Tabelle 17 Paladon (Polymerisationsmethode 1b)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,8316 g	6	400 g	5500	15	0,0082 g
2	3,8234 g	6	400 g	5500	15	0,0086 g
3	3,8148 g	6	400 g	5500	15	0,0082 g
4	3,8066 g	6	400 g	5500	15	0,0084 g
5	3,7982 g	6	400 g	5500	15	0,0074 g
6	3,7908 g	6	400 g	5500	15	0,0072 g
7	3,7836 g	6	400 g	5500	15	0,0082 g
8	3,7754 g	6	400 g	5500	15	0,0084 g
9	3,7670 g	6	400 g	5500	15	0,0086 g
10	3,7584 g	6	400 g	5500	15	0,0084 g
	3,7500 g					

14. Versuchsreihe (Tabelle 18)

Die Versuchsklötzchen wurden aus Paladon nach Kulzer-Vorschrift poly-merisiert und mit Bohrer Größe 6 angebohrt. Die Bohrausbeute ist etwas kleiner als bei der Polymerisationsmethode 1, wie der Mittelwert von 7,6 mg deutlich zeigt. Die Schwankung der Ausbeute bleibt hier sehr gering mit einem Höchstwert von 1,2 mg. Beim Bohren wird das Mate-rial nicht plastisch.

Tabelle 18 Paladon (Polymerisationsmethode 2a)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,6958 g	6	400 g	5500	15	0,0074 g
2	3,6884 g	6	400 g	5500	15	0,0062 g
3	3,6822 g	6	400 g	5500	15	0,0070 g
4	3,6752 g	6	400 g	5500	15	0,0072 g
5	3,6680 g	6	400 g	5500	15	0,0072 g
6	3,6608 g	6	400 g	5500	15	0,0064 g
7	3,6544 g	6	400 g	5500	15	0,0064 g
8	3,6480 g	6	400 g	5500	15	0,0068 g
9	3,6412 g	6	400 g	5500	15	0,0066 g
10	3,6346 g	6	400 g	5500	15	0,0066 g
	3,6280 g					

15. Versuchsreihe (Tabelle 19)

Nach der Polymerisationsmethode 2b wurden die Paladonklötzchen hergestellt. Als Mittelwert für die Bohrausbeute wurden 9,4 mg festgestellt. Die Schwankung der Werte für die Ausbeute betrug hier 1,8 mg. Das Material wurde beim Bohren nicht plastisch.

Tabelle 19 Paladon (Polymerisationsmethode 2b)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,6516 g	6	400 g	5500	15	0,0102 g
2	3,6414 g	6	400 g	5500	15	0,0092 g
3	3,6322 g	6	400 g	5500	15	0,0084 g
4	3,6238 g	6	400 g	5500	15	0,0086 g
5	3,6152 g	6	400 g	5500	15	0,0092 g
6	3,6060 g	6	400 g	5500	15	0,0098 g
7	3,5962 g	6	400 g	5500	15	0,0098 g
8	3,5864 g	6	400 g	5500	15	0,0096 g
9	3,5768 g	6	400 g	5500	15	0,0098 g
10	3,5670 g	6	400 g	5500	15	0,0096 g
	3,5574 g					

16. Versuchsreihe (Tabelle 20)

Paladon nach der Polymerisationsmethode 1a polymerisiert, wurde mit Bohrer Größe 8 untersucht. Die Bohrausbeute, wie der Mittelwert mit 13,6 mg zeigt, ist etwas größer als bei Bohrer Größe 7. Die Schwankung der Ausbeute mit 3,3 mg ist sehr stark. Jedoch ist im Vergleich zur Versuchsreihe 1 mit Bohrer Größe 7 (3,6 mg) nur ein kleiner Unterschied da. Die Ausbeute wäre bei dieser Bohrergröße noch zu steigern; dazu müßte man den Bohrdruck noch erhöhen. Dabei käme es aber, wie die Versuche zeigten, zum Verschmieren des Bohrers und damit zur Unbrauchbarkeit.

Tabelle 20 Paladon (Polymerisationsmethode 1a)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,5696 g	8	400 g	5500	15	0,0118 g
2	3,5578 g	8	400 g	5500	15	0,0130 g
3	3,5448 g	8	400 g	5500	15	0,0130 g
4	3,5318 g	8	400 g	5500	15	0,0124 g
5	3,5194 g	8	400 g	5500	15	0,0114 g
6	3,5080 g	8	400 g	5500	15	0,0122 g
7	3,4958 g	8	400 g	5500	15	0,0138 g
8	3,4820 g	8	400 g	5500	15	0,0120 g
9	3,4700 g	8	400 g	5500	15	0,0202 g*
10	3,4498 g	8	400 g	5500	15	0,0131 g
11	3,4367 g	8	400 g	5500	15	0,0105 g
	3,4262 g	* = Lunker				

17. Versuchsreihe (Tabelle 21)

Paladon nach der Polymerisationsmethode 1b hergestellt, ergab beim Bohren mit Bohrer Größe 8 einen Mittelwert für die Bohrausbeute von 12,1 mg und eine Schwankung der Ausbeute von 3,0 mg. Die Bohrer waren nicht verschmiert.

Die Ausbeute ist kleiner als bei der vorhergehenden Versuchsreihe, auch die Schwankungen sind bei dieser Polymerisationsart durch die gleichmäßigere Struktur etwas zurückgegangen.

Tabelle 21 Paladon (Polymerisationsmethode 1b)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,6756 g	8	400 g	5500	15	0,0124 g
2	3,6632 g	8	400 g	5500	15	0,0134 g
3	3,6498 g	8	400 g	5500	15	0,0142 g
4	3,6356 g	8	400 g	5500	15	0,0124 g
5	3,6232 g	8	400 g	5500	15	0,0140 g
6	3,6092 g	8	400 g	5500	15	0,0134 g
7	3,5958 g	8	400 g	5500	15	0,0112 g
8	3,5846 g	8	400 g	5500	15	0,0126 g
9	3,5720 g	8	400 g	5500	15	0,0118 g
10	3,5602 g	8	400 g	5500	15	0,0132 g
	3,5470 g					

18. Versuchsreihe (Tabelle 22)

Für diese Versuche wurden die Paladonklötzchen nach der Kulzer-Vorschrift (2a) polymerisiert, mit Bohrer Größe 8 untersucht. Der Mittelwert der Bohrausbeute beträgt bei diesen Bohrungen 11,6 mg. Die Schwankungen der Ausbeute sind mit 1,6 mg auch hier wieder sehr klein. Das Material wurde nicht plastisch.

Tabelle 22 Paladon (Polymerisationsmethode 2a)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,5786 g	8	400 g	5500	15	0,0086 g
2	3,5700 g	8	400 g	5500	15	0,0082 g
3	3,5618 g	8	400 g	5500	15	0,0096 g
4	3,5522 g	8	400 g	5500	15	0,0092 g
5	3,5430 g	8	400 g	5500	15	0,0096 g
6	3,5334 g	8	400 g	5500	15	0,0114 g*
7	3,5220 g	8	400 g	5500	15	0,0094 g
8	3,5126 g	8	400 g	5500	15	0,0090 g
9	3,5036 g	8	400 g	5500	15	0,0088 g
10	3,4948 g	8	400 g	5500	15	0,0098 g
11	3,4850 g	8	400 g	5500	15	0,0096 g
	3,4754 g					

* = Lunker

19. Versuchsreihe (Tabelle 23)

Nach der Polymerisationsmethode 2b wurden bei dieser Versuchsreihe die Paladonklötzchen hergestellt und mit Bohrer Größe 8 angebohrt. Der Mittelwert für die Bohrausbeute beträgt 9,8 mg. Die Schwankung der Ausbeute ist mit 0,4 mg sehr klein. Die Ausbeute ist etwas geringer als bei Versuchsreihe 4 mit Bohrer Größe 7, aber die Werte sind konstanter.

Tabelle 23 Paladon (Polymerisationsmethode 2b)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,6090 g	8	400 g	5500	15	0,0098 g
2	3,5992 g	8	400 g	5500	15	0,0098 g
3	3,5894 g	8	400 g	5500	15	0,0098 g
4	3,5796 g	8	400 g	5500	15	0,0098 g
5	3,8904 g	7	400 g	5500	15	0,0102 g
6	3,5602 g	8	400 g	5500	15	0,0098 g
7	3,5504 g	8	400 g	5500	15	0,0098 g
8	3,5406 g	8	400 g	5500	15	0,0100 g
9	3,5306 g	8	400 g	5500	15	0,0098 g
10	3,5208 g	8	400 g	5500	15	0,0098 g
	3,5110 g					

In den folgenden Versuchsreihen wurde nicht Paladon, wie bisher, als Versuchsmaterial benutzt, sondern die Kunststoffe Optodont (Fa. Bayer) und Stellan (Fa. de Trey). Diese Versuche wurden zum Vergleich mit Paladon mit Bohrer Größe 7 durchgeführt.

20. Versuchsreihe (Tabelle 24)

Die Werkstoffklötzchen wurden aus Optodont nach der Polymerisationsmethode 1 hergestellt. Der Mittelwert für die Ausbeute beträgt 10,7 mg. Die Schwankungen der einzelnen Bohrausbeute sind nicht sehr groß und liegen innerhalb von 2,6 mg. Die Bohrer verschmierten nicht, Lunker wurden festgestellt. Hier ist die Bohrausbeute etwas größer als bei Paladon, nach Kulzer-Vorschrift polymerisiert, und etwas kleiner als bei Paladon gleicher Polymerisationsart.

Tabelle 24 Optodont (Polymerisationsmethode 1)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,9302 g	7	400 g	5500	15	0,0096 g
2	3,9206 g	7	400 g	5500	15	0,0102 g
3	3,9104 g	7	400 g	5500	15	0,0104 g
4	3,9000 g	7	400 g	5500	15	0,0096 g
5	3,8904 g	7	400 g	5500	15	0,0102 g
6	3,8803 g	7	400 g	5500	15	0,0120 g
7	3,8682 g	7	400 g	5500	15	0,0102 g
8	3,8580 g	7	400 g	5500	15	0,0122 g
9	3,8458 g	7	400 g	5500	15	0,0112 g
10	3,8346 g	7	400 g	5500	15	0,0114 g
	3,8232 g					

21. Versuchsreihe (Tabelle 25)

Bei dieser Reihe wurden die Kunststoffklötzchen aus Optodont nach der Normalpolymerisationsmethode (2) polymerisiert. Die Bohrausbeute, wie der Mittelwert von 10,3 mg zeigt, ist etwas weniger als bei der Schnellpolymerisation (1) des gleichen Materials, sie ist gleich der Ausbeute bei Paladon, normal polymerisiert; 1,4 mg ist der Höchstwert der Schwankungen der Bohrausbeute. Dieser Wert läßt die Folgerung zu, daß das Material wesentlich homogener ist als bei Schnellpolymerisation.

Tabelle 25 Optodont (Normale Polymerisation)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	4,1994 g	7	400 g	5500	15	0,0100 g
2	4,1894 g	7	400 g	5500	15	0,0114 g
3	4,1780 g	7	400 g	5500	15	0,0100 g
4	4,1680 g	7	400 g	5500	15	0,0174 g*
5	4,1506 g	7	400 g	5500	15	0,0104 g
6	4,1402 g	7	400 g	5500	15	0,0108 g
7	4,1294 g	7	400 g	5500	15	0,0104 g
8	4,1190 g	7	400 g	5500	15	0,0100 g
9	4,1090 g	7	400 g	5500	15	0,0100 g
10	4,0990 g	7	400 g	5500	15	0,0100 g
	4,0890 g	* = Lunker				

22. Versuchsreihe (Tabelle 26)

Als Versuchsmaterial wurden Kunststoffklötzchen aus Stellon, nach der Schnellpolymerisationsmethode hergestellt, benutzt. Der Mittelwert der Bohrausbeute beträgt 9,9 mg. Die Schwankung der Ausbeute überschritt nicht 2,0 mg. Hier ist, wie die angegebenen Werte zeigen, die Ausbeute mit dem Bohrer geringer als bei Paladon und Optodont. Das Material ist dem Bohrer gegenüber widerstandsfähiger, also härter. Lunkerbildung wurde keine festgestellt. Beim Bohren wurde das Material nicht plastisch.

Tabelle 26 Stellon (Schnellpolymerisationsmethode)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	4,1350 g	7	400 g	5500	15	0,0120 g
2	4,1230 g	7	400 g	5500	15	0,0104 g
3	4,1126 g	7	400 g	5500	15	0,0116 g
4	4,1010 g	7	400 g	5500	15	0,0114 g
5	4,0896 g	7	400 g	5500	15	0,0104 g
6	4,0792 g	7	400 g	5500	15	0,0112 g
7	4,0680 g	7	400 g	5500	15	0,0106 g
8	4,0574 g	7	400 g	5500	15	0,0112 g
9	4,0462 g	7	400 g	5500	15	0,0122 g
10	4,0340 g	7	400 g	5500	15	0,0112 g
	4,0228 g					

23. Versuchsreihe (Tabelle 27)

Stellonklötzchen, normal polymerisiert, wurden hier als Versuchsmaterial verwendet. Der Mittelwert für die Bohrausbeute ist mit 8,6 mg viel geringer als bei Paladon gleicher Polymerisationsart. Die Ausbeute war ziemlich konstant, es traten nur geringe Schwankungen auf von höchstens 1,2 mg. Man könnte demnach dieses Material als homogen bezeichnen. Dieses Material leistet dem Bohrer gegenüber beachtlichen Widerstand im Vergleich zu Paladon und Optodont. Lunkerbildung war keine festzustellen, auch kein Verschmieren der Bohrer.

Tabelle 27 Stellon (normale Polymerisation)

Nr.	Gewicht vor dem Versuch	Bohrer- größe	Bohr- druck	Rotation /min.	Zeit Sek.	Ausbeute
1	3,9354 g	7	400 g	5500	15	0,0080 g
2	3,9274 g	7	400 g	5500	15	0,0087 g
3	3,9187 g	7	400 g	5500	15	0,0081 g
4	3,9106 g	7	400 g	5500	15	0,0084 g
5	3,9022 g	7	400 g	5500	15	0,0088 g
6	3,8934 g	7	400 g	5500	15	0,0086 g
7	3,8848 g	7	400 g	5500	15	0,0084 g
8	3,8764 g	7	400 g	5500	15	0,0080 g
9	3,8684 g	7	400 g	5500	15	0,0080 g
10	3,8604 g	7	400 g	5500	15	0,0084 g
	3,8520 g					

Diskussion der Bohrversuche

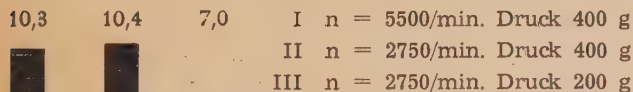
Bei den Untersuchungen mit verschiedenen Bohrergrößen (Reihe 8—19) ergab sich, daß die Ergebnisse bei den einzelnen Polymerisationsarten parallel verlaufen und die Bohrergröße 7 die günstigste ist (s. folgende Tabelle). Bei Bohrergröße 8 ist zwar die Bohrausbeute etwas größer, doch wird das Material bei dieser Bohrergröße durch die größere Angriffsfläche und die dabei entstehende Hitze schneller plastisch, so daß die Bohrer leichter verschmieren.

Bohrergröße	Polymerisationsmethode			
	1a	1b	2a	2b
3	6,9	6,3	7,0	6,5
6	9,2	8,9	7,6	9,4
7	12,0	13,0	10,3	10,4
8	16,6	12,1	11,6	9,8

Die angegebenen Werte in der Tabelle sind die Mittelwerte der Bohrausbeute in mg.

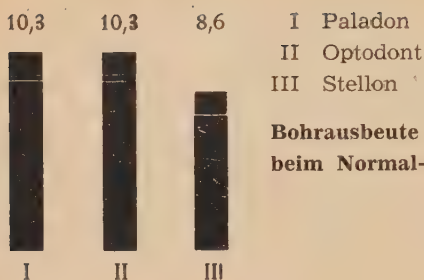
Die Bohrversuche mit der Bohrergröße 3 sind sehr ungenau, da das Material beim Bohren plastisch wird. Durch die kleine Bohrergröße dringt der Bohrer zu schnell in die Tiefe. Die Späne stauen sich im Bohrloch und verschmieren den Bohrer. Dadurch wird die Temperatur durch die Reibung wesentlich erhöht und macht den Kunststoff plastisch.

Die Veränderung der Umdrehungszahl und des Bohrdruckes bei Versuchsreihe 6 und 7 haben ergeben, daß bei halber Umdrehungszahl nur sehr kleine Unterschiede festzustellen sind. Beim Herabsetzen des Bohrdruckes wird auch die Bohrausbeute im Kunststoff sehr herabgesetzt.



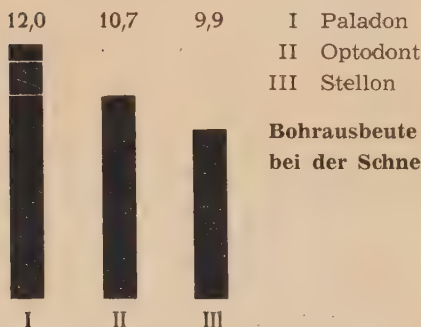
Bohrausbeute bei Paladon unter verschiedenen Bedingungen angebohrt.

Zum Vergleich wurden außer Paladon auch die Kunststoffe Optodont und Stellan mit dem Bohrprüfgerät untersucht.



**Bohrausbeute von Paladon, Optodont und Stellon
beim Normal-Polymerisationsverfahren.**

Bei der Normal-Polymerisation hat Paladon und Optodont dieselbe Bohrausbeute. Auffallend kleiner ist die Ausbeute bei Stellon, was auf die größere Härte dieses Kunststoffes zurückzuführen ist.

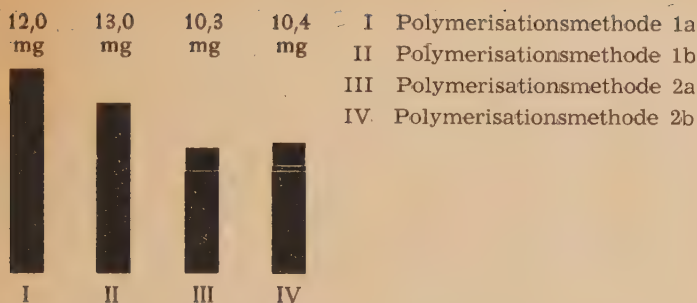


**Bohrausbeute von Paladon, Optodont und Stellon
bei der Schnellpolymerisation.**

Wie obige Darstellung anzeigt, ist die Bohrausbeute bei Paladon am größten. Etwas geringer ist die bei Optodont und am kleinsten, wie auch bei der Normalpolymerisation, bei Stellon.

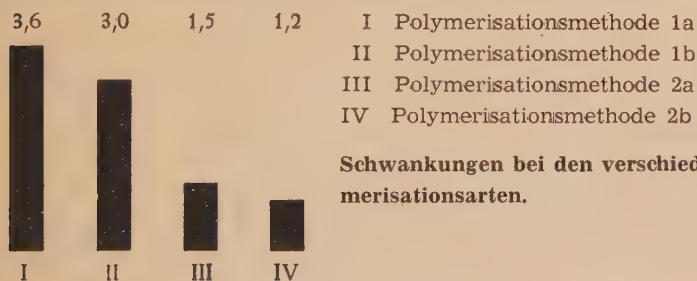
Vergleicht man, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist, die Schwankungen der Bohrausbeute bei den einzelnen Bohrungen, so ist besonders bei der Normalpolymerisation kein sehr großer Unterschied zwischen den verschiedenen Kunststoffen festzustellen.

Kunststoff	Schnellpolymerisation	Normalpolymerisation
Paladon	3,6 mg (30 %)	1,5 mg (14,5 %)
Optodont	2,6 mg (24 %)	1,4 mg (13,5 %)
Stellon	2,0 mg (20 %)	1,2 mg (14,0 %)



Vorstehende Darstellung zeigt, wie die Polymerisationsart die Bohrausbeute beeinflusst. Beim Vergleich der einzelnen Polymerisationsarten ist bei der Schnellpolymerisation (1b) die Bohrausbeute am größten. Dicht auf folgt die Schnellpolymerisation (1a). Normalpolymerisation (2a) und Langzeit-Tieftemperaturmethode (2b) sind in der Bohrausbeute fast gleich.

Noch deutlichere Unterschiede der Polymerisationsmethode stellten sich bei den Schwankungen der Bohrausbeute heraus (s. unten).



Schwankungen bei den verschiedenen Polymerisationsarten.

Zum besseren Vergleich sind die Werte auch in % angegeben.

Demnach ist die günstigste Polymerisationsart die Langzeit-Tieftemperaturmethode (IV), da hier die sogenannten Schwankungen am geringsten sind. Dicht auf folgt die Polymerisation nach der Kulzer-Methode (III). Als ungünstig, obwohl die Bohrausbeute hier am höchsten ist, sind die beiden Methoden der Schnellpolymerisation (I und II) zu bezeichnen.

Zusammenfassung

Es wurde versucht, die günstigste Bearbeitungsweise der Kunststoffe durch Bohren zu ermitteln. Durch Versuche wurde festgestellt, daß die Bohrergröße 7, ein Bohrdruck von 400 g, eine Umdrehungszahl (des Motors) von 5500 U/min. und eine Bohrzeit von 15 Sekunden angleichende Werte lieferten. Die Bohrausbeute schwankte je nach der Kunststoffart und Polymerisationsmethode.

Mir ist es eine angenehme Pflicht, meinem Referenten, Herrn Prof. Dr. F. Jung, Leiter der prothetischen und orthopädischen Abteilung der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Mainz, für die freundliche Ueberlassung des Themas zu danken.

Abbildungsverzeichnis

Abb. Nr. 1: Hohlform	Seite 8
Abb. Nr. 2: Mit Zinnfolie isolierte Küvette	Seite 9
Abb. Nr. 3: Das Bohrprüfgerät	Seite 11
Abb. Nr. 4: Prüfgerät (Nahaufnahme) beim Bohren	Seite 12
Abb. Nr. 5: Prüfgerät (Nahaufnahme) vor dem Bohren . . .	Seite 13

Literaturverzeichnis

WEIKARDT, P.	„Leitfaden für zahnärztliche Werkstoffkunde.“
MATHE, G.	„Kunststoffe bei Kronen und Brücken“ 1954.
KNISCHEWSKI F.	„Materialienkunde der Zahntechnik“ 1951.
ARNOLD, W. H.	„Über die Verwendbarkeit selbsthärtender Kunststoffe.“ Zahnärztliche Rundschau 1954 Heft 18.
PASSOW, H.	„Welche Unterschiede bestehen zwischen der Block - Polymerisation und der Dentalen - Prothesen-Polymerisation?“ Zahnärztliche Rundschau 1954 Heft 21.
EICHNER, K.	„Die zweckmäßige Verarbeitung des Kunststoffes Paladon — die Grundlage für den Erfolg der prothetischen Behandlung.“ Zahnärztliche Rundschau 1954 Heft 15.

Lebenslauf

Ich, Wolfram Zink, wurde als Sohn des Berufsschuldirektors Otto Zink und seiner Ehefrau Emilie geborene Semmet, am 14. Juni 1926 in Kirchheimbolanden/Pfalz geboren.

Von Ostern 1933 bis Ostern 1937 besuchte ich die Volksschule in Kirchheimbolanden. Nach zwei Jahren Progymnasium in Kirchheimbolanden (1937 bis 1939) trat ich in die Klasse 3 der Oberschule für Jungen in Aufbauform zu Alzey ein. Im Sommer 1944 wurde ich in die Klasse 8 versetzt und bekam die Reifebescheinigung.

Nach dem Besuch eines Sonderlehrganges für Kriegsteilnehmer legte ich am 27. September 1946 meine Reifeprüfung ab.

Vom 1. Januar 1947 bis 31. Dezember 1949 war ich Dentistenpraktikant und vom 1. Januar bis 31. Oktober 1950 Dentisten-Assistent. Nach Ablegung meiner Dentisten-Assistentenprüfung 1950 habe ich im Wintersemester 1950/1951 an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz das Studium der Zahnheilkunde begonnen. Nach 8 Semestern legte ich 1954 das Staatsexamen ab und bekam am 21. Dezember 1954 meine Approbation als Zahnarzt.

Nach viermonatiger Assistentenzeit, vom 1. Januar bis 30. April 1955, bin ich jetzt in Thalheim (Erzgeb.) als Zahnarzt tätig.

